

Bírálat

Geml József „Filogeográfiától a tájökológiáig: a gombák diverzitása, előfordulása és a környezeti tényezők közötti kapcsolatok feltárása különböző térbeli léptékekben = From phylogeography to landscape ecology of fungi: patterns in fungal diversity and distribution at various spatial scales and their relationships with environmental factors” című MTA Doktori értekezéséről.

Geml József 129 oldal terjedelemben írt doktori értekezésében a gombaközösségek filogeográfiáját és ökológiai szerveződését taglalja különböző biomokban, térbeli léptékekben és környezeti feltételek között. A szerző által lefedett földrajzi és ökológiai spektrum kiemelkedően széles: a sarkvidéki tundráktól és boreális erdőktől kezdve a trópusi esőerdőkön át a pannon erdőkig ível.

Az értekezés gondosan felépített és tartalmilag gazdag. A nagyon rövid bevezetést követően – amely vázlatosan ismerteti, hogy a dolgozatban szereplő kutatási projektek több biomra terjednek ki, és egymással összefüggő elméleti témák szerint szerveződnek – a disszertáció négy nagy tematikus fejezetre tagolódik. Ezek a fejezetek vizsgálják: 1) Az arktikus és boreális gombák filogeográfiáját, 2) Milyen hatással van a sarkvidéki gombaközösségek összetételére a talaj kémhatása, nedvességtartalma és tápanyagszintje, illetve hogyan befolyásolhatja ezeket a közösségeket a klímaváltozás, 3) Hogyan változik a trópusi esőerdők gombaközösségeinek diverzitása és fajösszetétele több ezer méteres magassági különbségeken keresztül, illetve hogyan térnek el ezek a mintázatok az egyes kontinenseken, illetve, 4) Mik a hasonlóságok és különbségek a pannon erdők gombaközösségeiben eltérő erdőtípusok között, és milyen talajtani, topográfiai, illetve mezoklimatikus tényezők alakítják ezeket a közösségeket.

A jelölt a sok, különálló publikációra épülő értekezés tartalmát biomok szerint egységesen strukturálta és különálló fejezetekbe rendezte, ahol mindegyik tematikus fejezet tartalmaz bevezetőt, anyag- és módszertani részt, valamint diszkussziót. A dolgozat végén egy összefoglaló konklúzió zárja az értekezést, amelyben a szerző átfogó módon értékeli kutatásai eredményeit, különös tekintettel azokra a közös ökológiai mintázatokra és mechanizmusokra, amelyek a különböző biomokban is hasonlóan érvényesülnek.

Összességében a dolgozat rendkívül széles spektrumú, módszertanilag és tematikusan is gazdag kutatásokat fog össze. A szerző kiválóan alkalmazza a molekuláris filogenetikai módszereket, modern bioinformatikai és statisztikai eszközöket, és meggyőzően kapcsolja össze az evolúciós, ökológiai és biogeográfiai nézőpontokat, hogy választ adjon a gombaközösségek szerveződési mechanizmusaira. Munkásságával úttörő szerepet vállalt abban, hogy a gombák csoportját tekintve is választ adjon azokra az alapvető filogeográfiai és ökológiai kérdésekre, amiket más élőlénycsoportoknál (különösképpen a növények tekintetében) már jól ismertünk.

A dolgozatban használt ábrák nagyon informatívak, letisztultak, segítik az eredmények értelmezését, és jól illeszkednek a szöveghez. Mind az angol nyelven írt dolgozat, mind pedig a magyarul íródott tézisek nyelvezete világos és közérthető. Csak rendkívül ritkán, egy-egy helyen fordult elő néhány kevésbé szerencsés szófordulat vagy elütés (pl. „gombafunkciós csoportok összetétele”), de ezek a tudományos értéket nem csökkentik. Az értekezés mögött álló empirikus munka volumene rendkívüli elhivatottságot és munkabírást feltételez.

A dolgozat tudományos igényességét és nemzetközi súlyát jól jelzi, hogy 28 közleményre épül, melyek közül 15 esetben a szerző az első szerző, és ezek többsége vezető, D1 besorolású folyóiratban jelent meg (pl. *Molecular Ecology*, *Journal of Biogeography*, *New Phytologist*), ráadásul a szerző közreműködött *Nature* és *Science* közleményekben is.

Új tudományos eredmények

A sarkvidéki és boreális gombafajok filogeográfiája

- Megállapította, hogy az *Amanita muscaria* morfológiailag hasonló eurázsiai és észak-amerikai példányai nemcsak filogenetikailag tartoznak külön fajokhoz, hanem a fajkomplexumon belül további, filogenetikailag elkülönülő fajok is léteznek, amelyek elterjedése különböző észak-amerikai biogeográfiai régiókra korlátozódik.
- A populációs szintű különbségekre vonatkozó eredményei alátámasztják azt a feltételezést, hogy az *Amanita muscaria* fajkomplexumon belül legalább két független boreális fejlődési vonal vészelte át a legutóbbi jégkorszakot alaszakai glaciális erdei refugiumokban.
- Elsőként tárta fel az alaszakai *Lactarius* és *Russula* fajok filogenetikai elhelyezkedését, és több, korábban nem dokumentált, azonosítatlan filogenetikai csoportot is azonosított.
- Összehasonlító filogeográfiai vizsgálatok keretében elsőként mutatta ki, hogy bár a genetikai diverzitás értékei hasonlóak voltak a vizsgált boreális–mérsékelt és sarkvidéki–alpesi fajok között, a hosszú távú génáramlás mértéke jelentősen eltért a két csoport között.
- Minden vizsgált boreális–mérsékelt égövi faj esetében bizonyítékot talált arra, hogy a kontinensek között nincs génáramlás, amit a populációk kontinentális szintű elkülönülésével is alátámasztott. Ezzel szemben a sarkvidéki–alpesi fajok esetében mérsékelt vagy magas fokú génáramlást igazolt Észak-Amerika és Eurázsia között.
- Elsőként tárta fel DNS-alapú módszerekkel a Spitzbergákon előforduló ektomikorrhizás gombaközösségeket (ECM) talaj- és termőtestminták alapján. Megállapította, hogy a földrajzi elszigeteltség és a sarkvidéki éghajlat ellenére a Spitzbergák ECM-gombaközösségei meglepően változatosak, legalább 109 filogenetikai csoportot foglalnak magukban.

Sarkvidéki gombaközösségek tájökológiája

- A sarkvidéki gombaközösségek diverzitását, fajösszetételét és ezek környezeti gradiensek mentén történő változásait az elsők között vizsgálta. A vizsgálatok szerint mind a fajgazdagságot, mind a közösségek összetételét elsősorban az abiotikus környezeti tényezők élőhelyi szintű különbségei határozzák meg.
- Elsők között vizsgálta a sarkvidéki gombák válaszait a nyári felmelegedésre és a téli csapadék (hótakaró) növekedésére. Megállapította, hogy a kísérletileg fokozott nyári hőmérséklet-emelkedés és a vastagabb hótakaró eltérő módon befolyásolja az edafikus jellemzőket és a gombaközösségeket a száraz és nedves tundrán.
- Jelentős különbségeket talált abban, hogy a gombák funkcionális csoportjai hogyan reagálnak a nyári melegedésre, a hóvastagság növekedésére és az edafikus változásokra.

Trópusi esőerdők gombaközösségeinek változása magassági gradiensek mentén

- Feltárta, hogy a trópusi gombaközösségek diverzitását és összetételét a magassággal változó éghajlati és edafikus viszonyok, valamint a növényközösségek közötti különbségek alakítják.
- A talajgombák teljes fajgazdagságában nem talált jelentős különbséget a legtöbb vizsgált területen, ugyanakkor kimutatta, hogy az egyes funkcionális csoportok fajgazdagsága gyakran markánsan változott a magasság függvényében.
- Igazolta, hogy a gombaközösségek változásának nagy részét a fajkicserélődés okozta, míg az egymásba ágyazottság (nestedness) szerepe elhanyagolható volt.

Pannon erdők gombaközösségeinek faji és funkcionális összetétele és tájökológiája

- Elsőként végzett talaj-DNS-alapú vizsgálatot a pannon erdők gombaközösségeiben, lefedve a gombák valamennyi fejlődési ágát. Kimutatta, hogy a vegetációtípusokhoz hasonlóan a gombaközösségek összetételét is nagymértékben befolyásolja a lejtők égtáji kitettsége és az ahhoz kapcsolódó abiotikus eltérések.
- Elsőként jellemezte az ektomikorrhízás (ECM) gombaközösségeket számos pannon erdőtípusban mezoklimatikus és edafikus gradiensek mentén. Leírta, hogy az ECM-gombák közösségi összetétele különbözik az erdőtársulások között, és diverzitásukat elsősorban a hőmérséklet, a talaj kémhatása, nedvességtartalma, kalcium- és széntartalma befolyásolja.
- Elsőként nyújtott átfogó képet a talajlakó gombák rendszertani diverzitásáról és fajkészletéről a domináns pannon erdőtípusokban. A vizsgálatok kiemelkedően magas diverzitást mutattak mindkét mintázott észak-magyarországi régióban, azonban felhívta a figyelmet, hogy ez a diverzitás is csak töredéke lehet a tényleges diverzitásnak.

Bírálati kérdések

A dolgozat kapcsán felmerül néhány további kutatási kérdés, amelyek a jövőbeli vizsgálatok számára is fontosak lehetnek. Pl. a pannon erdők gombaközösségeivel foglalkozó munkákban a dolgozat nem tér ki részletesen arra, hogy az erdőgazdálkodás, illetve az emberi hasznosítás (pl. gombagyűjtés) miként befolyásolhatja a gombaközösségek hosszú távú szerkezetét és fajösszetételét, az egyes fajok előretörését a szedett fajokkal szemben. Lehet-e és milyen szerepe a bizonyos fajok szedésének más fajok előretörésében? Végeztek-e, végeznek-e kutatásokat, hogy típuson belül az erdők fragmentációja, szerkezetének változásai és foltmérete miként befolyásolja a hazai gombaközösségek szerkezetét és diverzitását?

A dolgozatból kiviláglik, hogy viszonylag kis területről nagyon sok gombafaj gyűjthető, azonban a szerző hangsúlyozza, hogy ez is csak töredéke lehet a valós gazdagságnak. Befolyásolhatta-e a gombák szerkezetéről és diverzitásáról nyert képet, hogy milyen időszakban gyűjtötték a talaj eDNS mintákat? Végeztek-e vagy terveznek-e mintareprezentativitási kérdéseket megválaszolni, pl. hogy milyen mértékben változik a gombaközösség szerkezetéről nyerhető kép a minták számának növelésével különböző tér és időbeli skálákon?

A dolgozat jól alátámasztja, hogy a gombaközösségek összetételét (legalábbis a vizsgált mátrai és bükki területeken) az erdőtípusok határozzák meg döntő mértékben, amik kialakulását persze számos abiotikus tényező befolyásolja. Mennyire lehet azonos élőhelytípusok (pl. erdőtípusok) között az a hiányosság, hogy csak ilyen korlátozottan tudjuk becsülni a gombák faji diverzitását? Befolyásolhatja-e ez az összevethetőséget mintareprezentativitási szempontból és a gombaközösségek funkcionális szerveződésnek megértése szempontjából?

A szerző rámutat arra, hogy a niche alapú és a diszperzió alapú szerveződési mechanizmusok vizsgálatával a gombaközösségek szerkezetében rejlő variancia kis hányadát sikerült csak megmagyarázni, hasonlóan/általánosan más közösségekhez. Mit gondol, ha sokkal pontosabb képünk lesz a közösségszerkezetről, ez a magyarázott varianciahányad vajon nőni vagy csökkenni fog?

Összegzés

Mindent összevetve az értekezés egy rendkívül magas színvonalú, a gombák ökológiai, evolúciós és biogeográfiai sajátosságait példás tudományos igényességgel és módszertani sokszínűséggel feltáró értekezés, amely a molekuláris ökológia, tájökológia és filogeográfia határterületein mozogva új ismereteket nyújt, és egyúttal elméleti és gyakorlati szempontból is hozzájárul az élőlény közösségek szerveződésének általánosabb megértéséhez. A hiteles adatokat tartalmazó munka döntően a jelölt saját tervezésű terepi vizsgálatainak és kísérleteinek alapul. A doktori mű megállapításait ezért eredeti, a tudományág számára új eredményeknek ismerem el. Javaslom az értekezés nyilvános vitára bocsátását, sikeres védelem esetén pedig az MTA doktora cím odaítélését.

Tihany, 2025. június 21.

Erős Tibor

az MTA doktora

HUN-REN Balatoni Limnológiai Kutatóintézet